

## A NAPENERGIA-TERMELÉSRE ALKALMAS ÉPÍTMÉNYEK ÉS ERŐMŰVEK MŰKÖDÉSI ÉS BIZTONSÁGI HATÁSVIZSGÁLATA AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VÁRHATÓ KÖVETKEZMÉNYEINEK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

Fejes Lilian <sup>(1,2)</sup> , Molnár Szabolcs <sup>(3)</sup>, Czira Tamás <sup>(2,4)</sup>,  
Pongrácz Rita <sup>(1)</sup> , Talamon Attila <sup>(5)</sup> 

<sup>(1)</sup> ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet,  
Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

<sup>(2)</sup> EnviGraph Bt., 1145 Budapest, Emília u. 46.

<sup>(3)</sup> MVM Zrt., Budapest

<sup>(4)</sup> BCE, Fenntartható Fejlődés Intézet, 1093 Budapest Fővám tér 8.

<sup>(5)</sup> Óbudai Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, 1146 Budapest, Thököly út 74.  
e-mail: fejeslilian@gmail.com

### Bevezetés

Az energiaellátást biztosító berendezések, hálózatok, infrastruktúrák pótolhatatlan szerepet játszanak társadalmi-gazdasági rendszereink, településeink folyamatos és biztonságos működtetésében, ugyanakkor számos olyan – akár váratlan – hatásnak vannak kitéve, amelyek megelőzésére és kivédésére időben fel kell készülni az energiaszolgáltatások megbízható és szünetmentes biztosítása érdekében. A megújuló energiaforrást hasznosító infrastruktúrák közül Magyarországon is egyre elterjedtebbek a napenergiát felhasználó termelőrendszerek és az ezekkel történő egyéni, közösségi, vagy rendszerbe integrált energiaszolgáltatás. Mivel a napelemek, naperőművek egy időjárásfüggő energiahordozóból termelik az energiát, így esetükben az üzembiztos, megbízható energiaszolgáltatás kérdésköre még nagyobb relevanciával bír, s ezáltal nem lehet elvonatkoztatni a meteorológiai és klimatológiai paraméterek és események kockázataitól.

A hagyományos energiatermelő infrastruktúra mellett a klímaváltozás a megújuló energiaforrások hozzáférhetőségére és azok infrastruktúrájára is hatással van. A jelenkori antropogén éghajlatváltozás már napjainkban is tapasztalható hatásai több módon is károsan érinthetik az energiatermelő rendszereket, így a napenergiát hasznosító berendezéseket is. A fizikai infrastruktúra elemeit veszélyeztetik az olyan szélsőséges időjárási események, mint az erős szellőkésések, intenzív csapadékesemények, ónos eső, tapadó hó és jégeső. A hóhullámok sokszor egymást közvetlenül követő periódusai – a napelemek hatékonyságának csökkentése révén – a napenergiakapacitást befolyásolhatják negatívan (Burillo, 2018). Az éghajlatváltozás hatására, a Magyarország területére futtatott regionális klímamodellek szimulációi szerint, ezek a szélsőségek egyre gyakrabban és egyre nagyobb intenzitással fordulhatnak elő hazánkban (Bartholy & Pongrácz, 2019), amelyek mellett – közvetetten a klímavédelmi intézkedések hatására – előreláthatólag változni fognak az energiaigények is, így a nyári energiaigény is várhatóan növekedni fog. A nyári középhőmérséklet emelkedése mellett a hosszan tartó forró időszakok jelentős terhelést jelentenek a villamosenergia-ellátásra, így a napenergiát hasznosító létesítményekre jutó terhelés is fokozódik (Bartos et al., 2016). A csapadékesemények száma várhatóan csökkenni fog, így ritkábban, de általában nagyobb intenzitással, zivatarok, felhőszakadások, akár intenzív jégeső formájában érkezik majd a csapadék, amely komoly kihívást jelent a villamosenergia szektor infrastrukturális elemeire, erőműveire és szállító rendszereire egyaránt.

## **A napenergiatermelés szakpolitikai háttere**

Napjainkban a tiszta, olcsó, megfizethető energia biztosítása stratégiai célként jelenik meg, nemcsak a világ, hanem a hazai energiastratégiákban is. E stratégiai célkitűzés egyik eleme a napenergia hasznosítása. A Nemzeti Energia Stratégia (NES) a hazai beépített fotovoltaikus kapacitásban 2030-ra 6000 MW-ot meghaladó, 2040-re pedig közel 12000 MW-os célértéket irányoz elő. Az már a stratégia megjelenését követő időszakban is látható volt, hogy a növekedés meghaladja a becsült értékeket, akár már 2025-re elérhetjük a 6000 MW-os értéket. 2021. év végére 1829 MW-ot ért el az 50 kW és a feletti naperőművek magyarországi beépített teljesítőképessége, azaz 2016 óta – 5 év alatt – a harmincháromszorosára nőtt ez az érték. A növekedés új termelési csúcspontokat is eredményez: 2022. április 13-án a magyarországi 50 kW és a feletti naperőművek összesített átlagtermelése meghaladta az 1803 MW-ot, ami a beépített ipari napelemparkok több mint 93%-os teljesítését jelenti, mindezt a háztartási méretű kis naperőművek (HMKE) termelése nélkül [1 – MAVIR Zrt.]. A nagymértékű PV termelőegység növekedés azonban komoly kihívás elé állítja a magyar villamos-energia szektort, az új hálózatra csatlakozó kapacitások rendszerterhelési és -szabályozási problémát okoznak, és a villamos energia fizikai természetéből kifolyólag csak nagyon nehezen és költségesen tárolható. Az ellátásbiztonság érdekében összhangba kell hozni a megújuló kapacitások bővülését a rendszerszabályozási képesség fejlődési ütemével. Éppen ezen problémákból kifolyólag a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító (MAVIR) 2022 májusában tette közzé, hogy a nagyfeszültségű és a nagy/középfeszültségű transzformátorállomásokhoz rendelt aktuális szabad kapacitások mértéke 0 megavoltamper (MVA), a villamosenergia-rendszerbe befogadható időjárásfüggő erőművi kapacitás mértékét pedig 0 MVA-ban állapítja meg, azaz kizárólag a már befogadott igénnyel rendelkező, vagy mentességet kapó esetekben van lehetőség a hálózati csatlakozásra. Ez azonban nem jelenti a fejlesztések teljes leállítását, továbbra is cél a NES célszámainak teljesítése, azonban a villamos energia rendszerek infrastruktúra oldalát és rugalmasságát szinkronba kell hozni az időjárásfüggő kapacitások rohamos növekedésével, a biztonságos energiaellátás fenntartása érdekében [2 – MAVIR Zrt.].

Látható tehát, hogy a napenergiatermelő rendszerek növekedése nagymértékű, a szakpolitikai célok pedig további emelkedést irányoznak elő, amelyek hatására egyre tovább nő azoknak a sérülékeny szerelemeknek a száma, amelyekre a klímaváltozás negatív hatást gyakorolhat. A szoláris energia kiaknázásával csökkenthetők a környezeti ártalmak, tiszta energia állítható elő, amely gyakorlatilag korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre. A technológiai alkalmazásának függvényében (például HMKE) szükségtelen az energia szállítása. Azonban a fenntartható fejlődést mindenhol a realitás fogja biztosítani. Éppen ezért szükséges a hátrányokkal is szembenéznünk. A szoláris energia rendelkezésre állása időben és térben nem egyenletes. Az energiasűrűsége viszonylag kicsi, és emiatt nagy gyűjtőfelületek szükségesek, amelyek az időjárás viszonyosságainak nagy mértékben kiszolgáltatottak. Ezért az éghajlatváltozás okozta változások és a műszaki paraméterek vizsgálata kulcsfontosságú.

## **A napelemek meghibásodásának meghatározása**

A napelemek meghibásodásainak feltárása és beazonosítása elengedhetetlen ahhoz, hogy a jövőben az éghajlatváltozás okozta problémák gyakoriságának bekövetkezését és annak következményeit azonosítani tudjuk, valamint, hogy megismerjük mindazon modul-meghibásodásokat, amelyek közvetlenül, vagy közvetve környezeti – elsősorban időjárás – külső terhelő hatásból, vagy annak megváltozásából következnek be.

Az üzemviteli tapasztalat szerint az üzemkezdést követő első két (kiterjesztve három) évben viszonylag sok meghibásodás következik be. Ennek alapvető oka a szolármodulok, úgynevezett

rejtett vagy maradó cellarepedései. A telepítési fázis során, és azt követően a legalaposabb vizuális vizsgálat ellenére is, fokozott annak a veszélye, hogy a fotovoltaikus modul működése során a mikrorepedések, vagy a rövid cellarepedések tovább repednek és hosszabb, illetve szélesebb repedésekké válnak. Ezen „továbbrepedések” elsődleges oka a szél- vagy a hőterhelés okozta mechanikai hatások, illetve a cellarepedések terjedéséhez hozzájárulhatnak a bekövetkező hőmérséklet-változások és a hőmérséklet-változások ingadozásai is.

A növekedés hatására elágazó, ún. dendritszerű repedésminták nagy mechanikai terhelésből vagy a mechanikai ütközésből bekövetkező sérülésekből következnek. A dendritszerű repedésminták külső mechanikai terhelésből bekövetkező sérülése két nagy csoportból adódhat. Az egyik a szállítás közbeni hibás csomagolásból adódó sérülések, a PV-modul leejtése, a PV-modul szállítás során bekövetkező rongálódása. A másik nagy csoport az erős hőterhelés okozta sérülések. Ezt a repedésminta úgy jelzi, hogy a repedés a laminálási folyamat után következett be. Vagyis ezek a hibák nem a gyártás során keletkeztek, mert a dendritszerű repedésmintákkal nem lehet a gyártási folyamatban továbbmunkálni a modulokat. Ehhez hosszú ideig tartó, nagymértékű hőterhelésnek kell bekövetkeznie. Jelenleg még ritka az ilyen jellegű tönkremenetel, mert a természet sokszor elvégzi helyettünk a munkát, és elolvad a hó, még az előtt, mielőtt a károsodás bekövetkezik. Ugyanakkor azonban nagyfokú, tartós mechanikai terhelésnél ez a probléma előfordulhat.

A külső környezeti hatás, a már megindult degradációs folyamat gyorsítását is okozhatja. Kezdeti delaminálódás során az EVA-ban (etilén-vinil-acetát réteg) a vízpára jelenléte olyan nagy mennyiségű fluxust eredményezhet, hogy a hátsó záró réteg nem megfelelő tapadását okozhatja, és buborékok képződhetnek a cellák felületén. Magas páratartalom idején, különösen, ha harmat keletkezik a modulon, vízcseppek képződhetnek a buborékokban. A folyékony víz magas feszültséggel kombinálva, jelentős és visszafordíthatatlan kárt okozhat a cella alkatrészeiben. Ez a fajta degradáció gyors és egy modul tönkremenetelét okozhatja.

Nem közvetlenül időjárásfüggő hatás, de külső környezeti körülmény a részleges árnyékoló hatás okozta felületi hőmérséklet csökkenés a modulon. A modulnak akár, ha csak egy kis része is árnyékba kerül, akkor annak hatása van az egész modul teljesítményére is. A leárnyékoló cella polaritást válthat, ami hatására az adott részterület nagymértékben felhevülhet. Lokális árnyékoló hatást okozhat a szomszédos területekről származó fák árnyékoló hatása, akár egy madárpiszok eredményezte lokális árnyékolás, de akár egy, a közelben található kémény is előidézhethet teljesítménycsökkentő árnyékoló hatást.

A fotovoltaikus modulok speciálisnak nevezhető meghibásodása a feszültség okozta degradáció, mely jelenség elnevezését az angol terminológiából vettük át: Potential Induced Degradation (PID) elnevezést használjuk. A PID-et számos környezeti, klimatikus tényező befolyásolja, amelyeket az 1. táblázatban foglalunk össze.

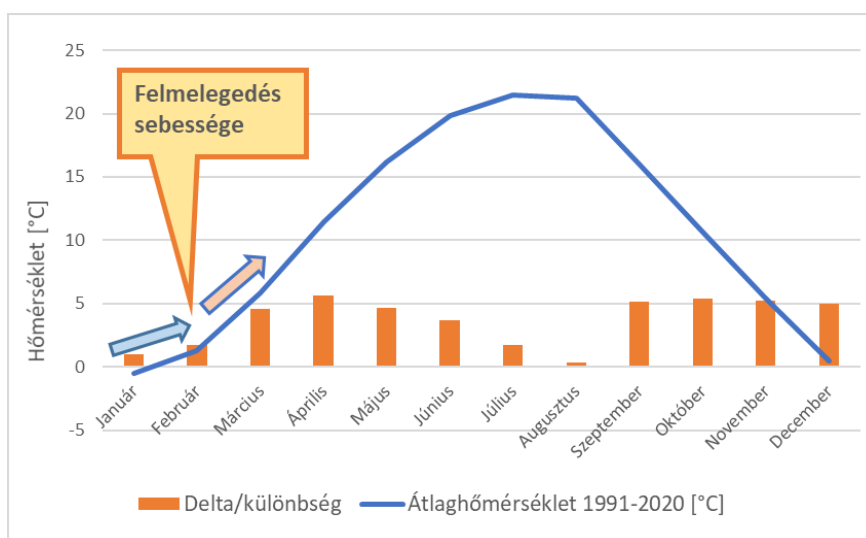
1. táblázat: Meteorológiai változók hatása a PID-re.

Meteorológiai változó	Befolyásolt tulajdonság			
<b>Hőmérséklet</b>	Felületi vezetőképesség	Szivárgási áram értéke	Ion mobilitás	Kémiai reakcióképesség
<b>Páratartalom, eső</b>	Felület, üveghordozó tömeg vezetőképessége	Szivárgási áram értéke	-	-
<b>Napsugárzás</b>	Energiahozam → modul teljesítménye	-	-	-
<b>Aeroszol összetétel</b>	Felületi vezetőképesség	Szivárgási áram értéke	-	-

## A napelemeket befolyásoló éghajlati tényezők és kapcsolódó károk

Az éghajlatváltozás hatásai több módon is károsan érinthetik az energiatermelő, energiaszállító és energiaellátó rendszereket, súlyos anyagi károkat, ellátásbeli zavarokat generálva. A napenergiatermelő-rendszerek egyes elemeit érintő várható regionális éghajlati hatások azonosítása érdekében szükséges azon hatásoknak a feltárása és jellemzése, amelyek a napenergia-termelésre alkalmas építmények és erőművek esetében a klímaváltozással összefüggésben kockázatot jelenthetnek (pl. jégeső, szél, extrém hőhatás, jegesedés stb.).

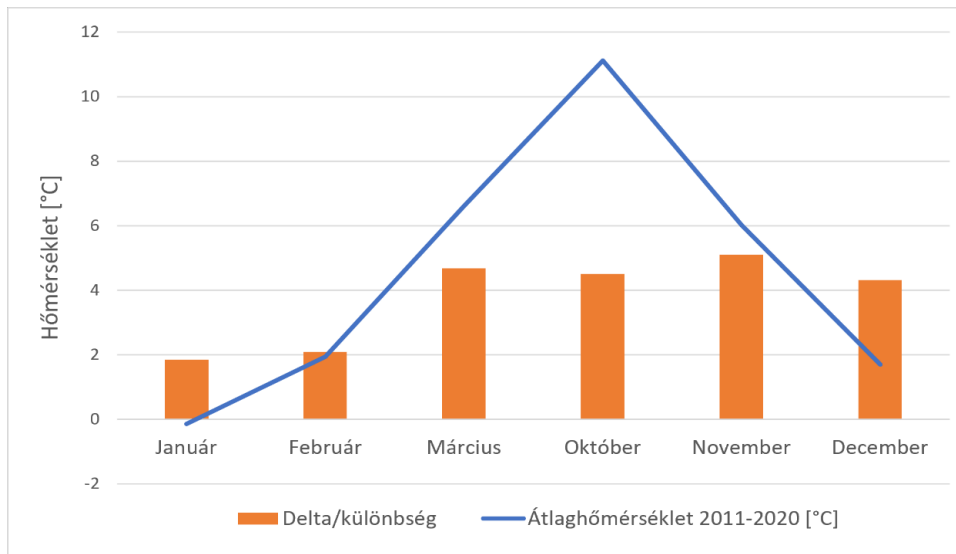
A korábban már említett, mikrorepedéseket előidéző hatáshoz hasonlóan a hőingadozás hatására a panel frontoldali üvegének sérülését – elpattanását – is azonosították már be. Ezen hatás legészterűbb magyarázata – és az üzemi tapasztalat is ezt mutatja –, hogy a panel üvegében a hajszálrepedések a téli időszakot követően (akár már kismértékű) felmelegedés hatására elpattannak a hőingadozás, és kifejezetten a tavaszi felmelegedés következtében. Erre magyarázatot ad, ha megvizsgáljuk hazánkban az átlaghőmérsékletek ún. felmelegedési sebességét (1. ábra).



1. ábra: Országos átlagos havi középhőmérsékletek 1991–2020 között.  
[Adatok forrása: 3 – Meteorológiai Adattár, OMSZ].

Az 1. ábrán a „delta/különbség” megnevezésű oszlopok mutatják az egyes hónapok átlaghőmérséklete közötti különbséget. Látható, hogy a kora tavaszi időszakban a legnagyobb a felmelegedés sebessége. Üzemviteli tapasztalat alapján ekkor a legmagasabb a száma a bekövetkező cellarepedéseknek is, ekkor azonosítják be a legtöbb (tovább)repedést is. A két jelenség összeköthető: a hőmérséklet hirtelen emelkedése nagymértékben hozzájárul a mikrorepedések továbbterjedéséhez.

Az elmúlt évtized magyarországi átlaghőmérsékleteinek alakulását vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy a kora tavaszra jellemző gyors felmelegedési sebesség időben korábban kezdődik (2. ábra2. ábra). Az elmúlt időszak felmelegedési hatásai miatt már a februári hónapban emelkedő hőmérsékleti sebességi gradiens volt tapasztalható. Ha a napelem oldaláról vizsgáljuk a korábbi felmelegedés hatását, akkor azt mondhatjuk, hogy a vizuálisan nem beazonosítható mikrorepedések az év korábbi szakaszában fognak továbbrepedni, illetve a repedések kiszélesedni. Ez egyben azt is jelenti, hogy a napelem modulok teljesítménycsökkenése vagy akár a tönkremenetele is hamarabb következik be.



2. ábra: Az elmúlt évtized átlaghőmérsékleteinek alakulása, az év eleji és év végi hónapokban.  
[Adatok forrása: 3 – Meteorológiai Adattár, OMSZ].

A hétköznapi szóbeszédben ha a PV rendszerek időjárási kitettségről beszélünk, akkor elsősorban a jégesők és a szél által okozott hatások kerülnek említésre. Valóban jellegzetes meghibásodásokról van szó. Egyrészt a szélsőséges időjárási eseményekhez köthető pusztító hatások jellemzően időben nagyon rövid idő alatt bekövetkező károsító hatások, valamint olyan pusztító hatásokról beszélhetünk, amelyek a telepített napelem rendszerek egészét érinthetik. Például egy esetlegesen bekövetkező jégeső az egész parkot károsítja, nagyon ritka az olyan eset, hogy csak a park egy bizonyos részét érinti. Habár ezidáig magyarországi nagyméretű naperőműhöz kapcsolódóan még nem történt olyan katasztrofikus esemény, amely az említett két időjárási eseményhez köthető, az elmúlt években számos olyan mértékű zivatar tevékenység volt hazánkban, amely a HMKE-ben jelentős mértékű jégkárt okozhatott. A klímaváltozás hatására megnövekedő szélsőséges időjárási események miatt gyakran alakulhatnak majd ki kedvező feltételek a nyári időszakban a spontán kipattanó zivatarok kialakulására, amelyekben a viharos szél, jégeső előfordulása is lehetséges. Tovább ronthatja a helyzetet a jégkárrelhárító rendszer lekapcsolása, amely a csapadék mennyiségét nem, csak a jégszemek méretét csökkentti, azonban működtetése nélkül az agráriumban keletkezett károk mellett a környezetünkben lévő napelemes rendszerek sem lesznek védettek a jövőbeli nagyméretű jégkárokkal szemben. A jégeső pusztító mechanizmusában mindenképp ki kell emelni a jég méretét és alakját. A jégeső okozta napelem sérülések aránya nem a legnagyobb méretű jégdaraboknál következik be. A bekövetkező károsodások a legnagyobb arányban a 4-5 cm-es jégdaraboknál következnek be, amelynek magyarázata az, hogy a kisebb méretű jégesők bekövetkezési gyakorisága lényegesen nagyobb, vagyis ritkábban hullik 5-6 cm átmérőjű jég, mint 4-5 cm-es (Tuele et al., 2019).

Sem a jégeső, sem pedig az extrém szél által okozott káreseményeknél nem állapítható meg olyan jellegű pontos határérték, amely azt adja meg, hogy pontosan milyen átmérőjű jégeső méretnél, és milyen intenzitású jégesőnél következik be károsodás. Egyrészt a károsodás mértéke is nehezen definiálható. Vannak ugyanis vizuálisan beazonosítható károsodások, és vannak olyan – szintén a mikrorepedésekhez hasonló – sérülések, amelyek csak különböző vizsgálatokkal (termográfia stb.) mutathatók ki, illetve amelyek a bekövetkezett jégeső károsodása után rögtön nem is jelentenek teljesítménycsökkenést a paneleken. Gyakran előfordulnak olyan jégeső okozta mikrorepedések, amelyek tovább repedése csak a tavaszi

felmelegedéskor következnek be. Ekkor válik vizuálisan beazonosítható hibává, illetve sérüléssé. Ráadásul a hibát okozó események kombinálva is felléphetnek. Ugyanis egy kezdeti delaminálódású panel könnyebben sérül meg külső mechanikai hatások által. Tehát pontosan nehéz definiálni a jégeső okozta hibát is. Az előbbieken kívül a jégeső károsító hatása nagyon sok tényezőtől függ a jég méretén túl. Például a jégdarabok becsapódási szöge is erősen befolyásolja a sérülések mértékét. Előfordultak olyan beazonosított jégeső okozta károsodások – elsősorban összetett tetőformákra telepített HMKE-nél –, hogy ugyanazon jégeső a különböző tájolású paneleken eltérő mértékű kárt okozott.

A szélsőséges mértékű szelek károsító hatása – a jégesőhöz hasonlóan – is összetett károsító folyamatot eredményez. A szél pusztítása során sok esetben nem is önmagában a szél energiája okozza a károsodást, vagyis nem feltétlenül a szél ereje mozgatja ki a paneleket a rögzítésből okozva ezzel károsodást, hanem a szél hatására a szálló törmelék – és egyéb a szél által felkapott tárgyak mechanikai ütközése – okoz sérülést. A Beaufort-skála alapján a 8-as kategóriába – élénk viharos szél, vihar – tartozó szél esetén a szélesebesség értéke 61 km/h-nál magasabb. A szárazföldön ekkor a szél a fákról ágakat tör le, a nagyobb fák törzsei is erősen hajladoznak. A kialakuló szél hatására a homok, apróbb törmelékek, nagyobb átmérőjű por részecskék koncentrációja jelentősen megnövekszik, kifejezetten az alsóbb légrétegekben.

Amennyiben a szél pusztításának a hatását szeretnénk méretezni, akkor alapvető kérdés, hogy milyen magasságba szerelik a paneleket. Eltérő rombolást tapasztaltunk a különböző magasságokban szerelt napelemek esetén. A földfelszínre telepített panelek jobban ki vannak téve a sérüléseknek, míg például az épületek tetején elhelyezkedő panelek kevésbé veszélyeztetettek. Ennek oka, hogy a gravitációs erő hatására a földfelszínhez közelebb nagyobb koncentrációban vannak a szálló tárgyak, így az ott végzett pusztítás nagyobb mértékű lehet. Nagyon fontos a megfelelő időszakos karbantartás kérdése is. A nem megfelelően meghúzott modulok a szél hatására kipattanhatnak a rögzítő bilincsből. Ez a hiba elsősorban télen következhet be, a hőtágulás miatt. Az alacsony külső hőmérséklet hatására a zsugorodások miatt a szél terhelő hatása révén télen tud kimozdulni a panel a nem megfelelő rögzítésből. A szél hatása által okozott napelem sérüléseknél is a károsodás időbeli lefolyását két csoportba oszthatjuk. A szélsőséges szelek hatására rövid idő alatt bekövetkezhetnek a sérülések, illetve a degradálódási csoportba sorolhatók azon hibák, amelyeket a szél hosszan, tartósan fennálló hatása okoz. Az előbbi csoportba tartozó példa az extrém események által okozott sérülések, míg a második csoportba tartozik az olyan terhelő hatás, amikor a szél folyamatosan mozgatja a paneleket és a rögzítés nem megfelelő – például lazulnak a leszorító bilincsek –, ekkor a panel kimozdulhat a helyéről.

Beszélhetünk kombinált károsodási hatásokról is, amikor egy rögzítő sínről hiányzik a zárókupak, és a rögzítő bilincs ráadásul rozsdásodott, a hiányzó kupak miatt csapadék, folyékony halmazállapotú közeg juthat a sínbe. A téli hónapokban a bent maradó víz megfagyhat és (szét)feszítheti a rögzítősínt, ami a nem megfelelően stabil rögzítéshez vezethet. Amennyiben a fagyás hatására a sín geometriája megváltozik, a tavaszi felmelegedés során a sín keresztmetszete a hőtágulás hatására megnövekszik, a bilincs leszorító ereje csökken. A szél terhelő hatására a panelek könnyebben kimozdulhatnak a rögzítésből, hozzájárulva ezzel a sérüléshez és a meghibásodáshoz.

## Összefoglalás

A nemzetközi és hazai klímapolitikai irányoknak megfelelően az utóbbi években Magyarországon is jelentősen megnőtt a napenergiát termelő rendszerek száma. Mind a nagyobb méretű erőművek, mind pedig a háztartási méretű kiserőművek száma folyamatosan emelkedik. Mivel ezek a létesítmények ki vannak téve az időjárás változékonyságának, megkerülhetetlen az a kérdés, hogy vajon erre a kulcsfontosságúvá vált infrastruktúrára milyen hatást gyakorol az éghajlat megváltozása. Számos nemzetközi példa mutatja, hogy jelentős károk tudnak keletkezni egy-egy extrém időjárási esemény hatására. Az ezidáig beazonosított károsodási események alapján megállapítható, hogy napjainkig hazánkban olyan időjárási hatásból bekövetkezett katartikus napelempark sérülés még nem volt, amikor a telepített modulok 50%-a megsérült volna. Magyarországon eddig egyedi sérülések okozta meghibásodások és tönkremenetek kerültek beazonosításra. A klímaváltozás okozta kockázatokkal és a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedésével azonban számolni kell hazánkban, amelyek nagyobb mértékű sérüléseket okozhatnak a rendszerelemekben, komoly gazdasági károkat okozva. Már napjainkban is problémát okoz a korábbi tavaszi felmelegedés, amely hozzájárul a mikrorepedések korábbi létrejöttéhez és továbbterjedéséhez, ezzel a korábbi teljesítmény csökkenését, vagy a napelemek tönkremenetelét okozva. A nagyerejű szél és annak hatására a szálló törmelék okozta meghibásodások, illetve jégeső által okozott mechanikai sérülések is komoly kockázatot jelentenek.

A múltbeli klimatológiai adatok vizsgálata mellett a jövőben várható hatások elemzésére és kiértékelésére is kiemelt figyelmet fordítva azonosíthatók a klímaváltozás következtében bekövetkező változások. Ennek érdekében a kutatáshoz kapcsolódó feladatok következő lépéseként az összegyűjtött szélsőséges időjárási események közép- és hosszútávú megváltozásának vizsgálatára kerül sor regionális klímamodellek adataira alapozva. Ezeket az eredményeket kombinálva a műszaki-technológiai információkkal, létrehozható egy olyan komplex vizsgálati módszertan, amely alapján becslés készül arra vonatkozóan, hogy a releváns meteorológiai és klimatológiai paraméterek megváltozása milyen hatással lesz a magyarországi napenergiatermelő létesítményekre.


## Hivatkozások

- Bartholy, J., Pongrácz, R., 2019: Global and regional climate change, extreme events. In: International Climate Protection. (Palocz-Andresen M. et al., eds.) Springer, 21–28.*  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-03816-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03816-8_4)
- Bartos, M., Chester, M., Johnson, N., Gorman, B., Eisenberg, D., Linkov, I., Bates, M., 2016: Impacts of rising air temperatures on electric transmission ampacity and peak electricity load in the United States. Environmental Research Letters, 11: 114008.*  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/114008>
- Burillo, D., 2018: Effects of Climate Change in Electric Power Infrastructures, Power System Stability. Kenneth Eloghene Okedu, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82146>*
- Teule, T., Appeldoorn, M., Bosma, P., Sprenger, L., Koks, E., de Moel, H., 2019: The vulnerability of solar panels to hail. 59p.*

### Internetes hivatkozások

- [1 – MAVIR Zrt.] <https://www.mavir.hu/web/mavir/-/%C3%A9ajabb-napenergia-rekord-1803-1-mw-szerd%C3%A1n?returnPlid=237657540>  
[2 – MAVIR Zrt.] <https://www.mavir.hu/web/mavir/-/a-2022.-m%C3%A1jus-2-i-szabad-kapacit%C3%A1sok-publik%C3%A1l%C3%A1s%C3%A1hoz-kapcsol%C3%B3d%C3%B3an?returnPlid=237657540>  
[3 – Meteorológiai Adattár, OMSZ] <https://odp.met.hu/>
- 

### ORCID

- Fejes L.  <https://orcid.org/0000-0003-2770-3550>  
Pongrácz R.  <https://orcid.org/0000-0001-7591-7989>  
Talamon A.  <https://orcid.org/0000-0001-9783-0913>